CONTRIBUTION A L'ETUDE DU PHENOMENE DE LA SECHERESSE SUR LES REGIONS LITTORALES DE L'ALGERIE.

KETTAB A. [(1)], AIT MOUHOUB D. [(1)], OUARDA T. [(2)], B. BOBBEE [(2)]

(1) Laboratoire de recherche en Sciences de l'eau – LRS – EAU/ENP
Ecole Nationale Polytechnique (E.N.P) – Alger;
10. Av. Hacène-Badi BP182 ElHarrach 16200 Alger.
Email : LRS-EAU@netcourrier.com
Kettab@yahoo.fr
Web : http://www.enp.edu.dz ; www.lrs-eau-enp.dz
(2) INRS-Eau, Terre & Environnement
Université du Québec ; 2800 rue Einstein, Québec (Québec)
G1X 4N8 Canada

RESUME

L'eau est un bien patrimonial commun de l'humanité. La santé individuelle et collective en dépend, l'agriculture, l'industrie, l'industrie et la vie domestique y sont liées. Il n'y a pas d'accès à la production de la richesse sans accès à l'eau.
L'Algérie, est l'un des pays Nord du bassin méditerranéen qui souffre de la pénurie d'eau d'une saison à une autre, et d'une année à une autre. Les écoulements en eau sont caractérisés par une irrégularité saisonnière et interannuelle importante, une violence et une rapidité des crues.
En effet, la connaissance des conditions climatiques joue un rôle important dans les études de planification économique : elle permet de mieux maîtriser les apports non contrôlés qui engendrent le bon fonctionnement du système de prévision et de gestion des ressources hydriques à court, moyen et long terme.
Pour déterminer les relations étroites entre les problèmes de fourniture d'eau douce et les problèmes de changement naturel du climat, il faut disposer de longues séries de quantité d'eau recueillies en un nombre aussi grand que possible de stations d'observations afin de voir si les phénomènes détectés se manifestent sur l'ensemble du territoire avec la même ampleurs en phase ou non. Par ailleurs, l'information pluviométrique peut permettre la compréhension du régime pluviométrique et ainsi évaluation du phénomène de sécheresse.
L'objectif de notre travail est l'étude de ce phénomène sur les régions littorales du pays en utilisant l'approche statistique et qui est approfondie par les méthodes stochastiques et de simulation.

Pour cet effet, nous avons pris en considération quelques régions du littoral Algérien qui appartiennent au bassin 04 à l'Ouest, au bassin 02 au Centre et au bassin 03 à l'Est représentées dans huit séries de totaux pluviométriques annuels et mensuels couvrant 48 années d'observations(1954-2001).

Mots-clés : Bassin méditerranéen, hydrologie statistique, ressources en eau, la pluviométrie, sécheresse, approches statistiques et stochastiques, simulation.

INTRODUCTION

Le développement économique et social, la croissance des villes, des industries ainsi que la modernisation de l'agriculture et le développement des loisirs entraînement un accroissement considérable de la demande en eau. En Algérie, depuis des années le facteur pluie est devenu un élément essentiel dans la vie quotidien du citoyen. Les restrictions en eau devenues courantes en été se sont étendues ces dernières années à l'hiver dans plusieurs régions du pays. Le climat en Algérie est semi-aride (200mm à 500mm) d'où les ressources sont de plus en plus limité et difficiles à exploiter.

Pour tenter d'élucider ce problème, il est indispensable d'analyser au préalable le terme précipitation et d'établir un inventaire les ressources en eau superficielle et souterraine.
C'est l'objectif de cette communication où on va essayer de répondre à quelques questions préoccupantes et fondamentales entre autres:
Y a t-il une diminution progressives des précipitations pendant cette dernière décennie? Comment évaluer l'effet de cette diminution en fonction des changements climatiques?
Dans cette perspectif, nous contribuons à étudier l'élément essentiel du bilan d'eau qui est les précipitations en utilisant le traitement statistique et la simulation et ainsi l'évaluation des ressources en eau disponible et les facteurs économiques réagissant l'aménagement possible de ces ressources.

PRESENTATION DES BASSINS VERSANTS EN ALGERIE

Afin d'atteindre notre objectif, la connaissance des différentes bassins constitués l'Algérie est indispensable étant donnée que la pénurie saisonnière de l'eau a un incidence considérable sur la distribution de l'eau. L'Algérie est subdivisée en 17 bassins versants qui peuvent être regroupés dans trois catégories (voir la carte ci-dessous) :

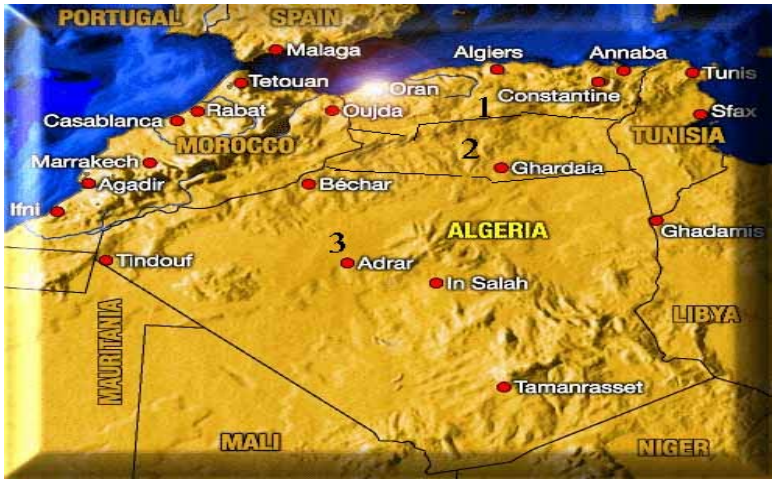


Figure 1 - Les basins versants en Algérie

- Le bassin méditerranéen qui concerne les bassins versants Oued Atlas et le littoral Sahélien. L'apport annuel dans ce bassin est estimé à 11 milliards de m^3 ;
- Le bassin endreique regroupe les sous bassins versants de haute plaine où la plus grande partie de ces eaux sont évaporés et l'apport annuel sur ce bassin ne dépasse pas 700 millions de m^3.

- Le bassin saharien qui représente les oueds qui drainent les sous bassins du sud Atlas, les sud de Mont Ksour et Ghir. L'apport annuel sur ces bassins est estimé à 650 millions de m^3.

EVOLUTION DU CLIMAT SUR LE BASSIN MEDITERRANEEN

La connaissance des conditions climatiques d'une région nécessite de longs séries de quantité de pluies sur plusieurs stations d'un bassin versant, car elle permet de mieux de voir l'évolution du régime pluviométrique sur la région et ainsi elle permet aussi de maîtriser les apports non contrôler qui engendre le bon fonctionnement du system de prévision et de gestion des ressources hydriques à court, moyen et long terme. La question qui se pose : est-ce que le début et la fin d'une saison sèche manifestent-ils dans la variation du cycle? Les longues saisons sèches sont-elles récurrentes.
L'une des menaces graves qui pèse sur les pays arides et semi-arides, et qui risque de compromettre leur avenir alimentaire sous le coup d'une constante aggravation de l'érosion et de la déforestation, est la sournoise perturbation de leurs ressources en eau par le phénomène sécheresse.

La sécheresse est un caractère de temps sec, qui influe directement sur les termes du bilan besoin - ressource et engendre les dégâts économiques. Elle peut se produire à n'importe quelle période et à différentes échelles (saison, année, décade) (Rognon, 1996).
D'après une étude effectuée sur l'évolution pluviométrique (Kadi, 1995) par rapport à l'indice de normalité sur quelques régions méditerranéennes (Italie, Algérie, France, Grèce, Espagne, Maroc, Portugal et Moyen-Orient) a montré que :

a- l'occurrence du déficit en précipitations dans une très vaste zone durant les années 1944, 1945, 1970, 1973, 1980, 1981, 1989 et 1990, où au moins entre 4 et 6 des huit sous régions traitées ont été touchés;
b- Il y a certaine zones sont plus affectées que d'autres :
- l'Algérie et l'Espagne dans la partie occidentale;
- La Grèce et le Moyen-orient dans la partie orientale;
c- Généralement, la sécheresse a apparu sur la majorité des pays du bassin méditerranéen depuis les débuts années 80.

Les résultats des études effectuées (Djellouli et Daget, 1993) ont montré que depuis 1881, le pays a subit deux périodes de sécheresse : La pénurie a été ressentie de 1943 au 1948 qui avait une percussion importante sur la récolte et le bétail, et la deuxième est celle que nous subissons depuis 1980

CYCLE DE L'EAU EN ALGERIE

Pour déterminer les relations étroites entre les problèmes de fourniture d'eau douce et les problèmes de changement naturel du climat, et pour répondre aux questions posées; il faut disposer de longues séries de quantité d'eau recueillies en un nombre aussi grand que possible de stations d'observations afin de voir si les phénomènes détectés se manifestent sur l'ensemble du territoire avec la même ampleurs en phase ou non.
Pour cet effet, nous avons pris en considération quelques régions du littoral Algérien qui appartiennent au bassin 04 à l'Ouest, au bassin 02 au Centre et au bassin 03 à l'Est représentées dans huit séries de totaux pluviométriques annuels et mensuels couvrant 48 années d'observations(1954-2001).

Plusieurs méthodes de critique et de traitement statistiques sont utilisées afin de garantir la qualité des données, et ainsi déterminer les meilleurs tests représentatifs pour étudier les séries pluviométriques (Ait Mouhoub, 1998).
Une approche est développée, en utilisant la simulation, qui nous permet de prendre en considération la population.

Etude de la sécheresse par la simulation

Etant donnée que la disponibilité des données pluviométriques est limité vu plusieurs problèmes qui se présentent lors de dépouillement d'enregistrement par exemple les erreurs systématiques ou accidentelles et aussi la casse des appareils, donc nous sommes contentés d'utiliser 08 stations qui appartiennent aux régions littorales : Ghazaouet, Oran et Arzew à l'Ouest, Alger et Chelef au Centre et enfin Skikda, Annaba et El kala à l'Est.
Ces données sont aimablement fournies par l'Office Nationale de la Météorologie (O.N.M), il y a celles qui ont été calculées sur la base des données journalières et d'autres d'un ensemble de bulletins mensuels d'informations climatologiques et agro météorologiques.
Ces données sont sous forme de fichiers aux pas de temps différents (mensuel, annuel), et le nombre d'observations par station étant variable, comme le montre le *Tableau I*.

Tableau I- Présentation des stations d'étude (O.N.M.)

Stations	Code	Latitude Nord	Longitude E/W	Altitude (m)	Nombre d'années d'observations
Ghazaouet	Gha	35 °06	01°53W	04	1950-1985, 988-2001
Oran	Ora	35°38	00°36 W	90	1947-2001
Arzew	Arz	36°13	01°20E	143	1950-2001
Alger	Alg	36°43	03°15E	24	1936-2001
Chelef	Chl	35°49	00°16W	3	1950-2001
Skikda	Ski	36°53	06°54 E	01	1950-2001
Annaba	Ann	36°50	07°49 E	14	1950-2001
El Kala	Elk	36°54	08°27 E	11	1954-2001

D'après le tableau ci-dessus, les données disponibles de 1954 au 2001 (une période commune pour toutes les stations), présentent quelques lacunes de mesure notamment au niveau des stations de Ghazaouet et d'El kala. La reconstitution des données manquantes peut s'effectuer par les méthodes statistiques.
Après le comblement des lacunes, nous pouvons vérifier s'il y a des anomalies à détecter dans les observations, et ainsi appliquer les tests statistiques à savoir les tests d'indépendance et d'homogénéité et de stationnarité (Aivazian et al. 1983).
Le calcul de la moyenne et de l'écart type des séries de données pluviométriques annuelles indique que les faibles quantités de pluies enregistrées sont au niveau des stations de l'Ouest (avec 351mm à Ghazaouet). Les régions les plus favorisées se trouvent à l'Est et au Centre (le maximum observé est à El Kala avec 759mm), comme l'indique le *Tableau II*.

Tableau II - Paramètres statistiques des totaux annuels.

Station	Gha	Ora	Arz	Alg	Chl	Ski	Ann	Elk
Moyenne (mm)	351	366	371	674	620	749	630	759
Ecart-Type (mm)	125	113	108	197	140	178	152	159
Variance (%)	36	31	29	29	23	24	24	28

Les résultats des valeurs annuelles mettent en évidence une faible corrélation entre les stations de l'Ets et de l'Ouest et d'une part une forte liaison entre les stations appartenant à la même région.
Les résultats des valeurs annuelles pour la période d'étude montre que la sécheresse météorologique (due à la diminution des précipitations) est bien apparente dans les années 80 où une longue période de phénomène de sécheresse est observée.
Deux périodes se font distinguer : une période humide (1954–2001) et une période sèche (1987-2001). Nous intégrons la simulation qui permet d'apporter une scenarii d'informations possibles pour étudier le phénomène qui peut se produire dans le futur, et que dont les caractéristiques sont conformes aux séries observées. Pour cet effet, nous avons pris en considération deux variantes différentes:

- Variante 1 : Simulation par le modèle jack nife (canif suisse) ;
- Variante 2 : Simulation par le modèle bootstrasp basé sur des données historiques.

Estimation par le modèle Jack nife

C'est un outil statistique qui permet d'engendrer des séries de données artificielles à partir des données d'origine.
L'estimation consiste à donner des valeurs approchées aux paramètres d'une population **(m, σ... etc.),** à l'aide d'un échantillon de n observations issues de cette population (Saporta, 1990).

Les variables aléatoires $\bar{x}$ **,** s^2**,** **f** (fréquence empirique) sont appelées alors estimateurs de **m,** σ^2**,** **p** respectivement.
Soit T l'estimateur calculé sur un échantillon de taille n. On note T_{-1} l'estimateur calculé sur un échantillon de Canif suisse obtenu, et on appelle pseudo valeur T_i^* :

$$T_i^* = nT - (n-1)T_{-1} \qquad (1)$$

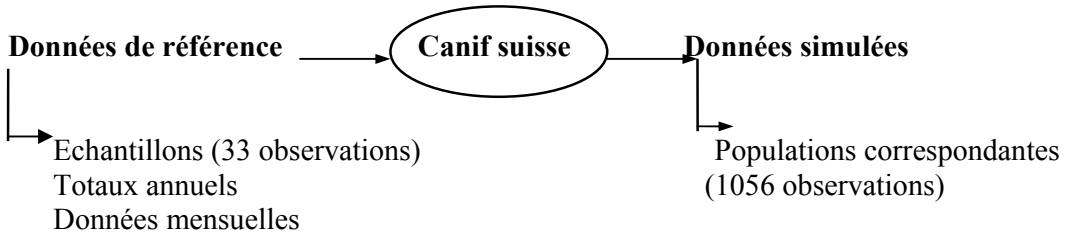
L'estimateur jack nife est alors la moyenne des pseudo valeurs:

$$T_j = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} T_i^* \qquad (2)$$

La variance de l'estimateur Jack nife est alors donnée par:

$$S_j^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \frac{(T_i^* - T_j)^2}{(n-1)} \qquad (3)$$

A partir de l'échantillon initial de trente-trois (33) observations, nous avons déterminé trente-trois (33) échantillons Jack nife de trente-deux (32) observations chacun, et qui forment une population simulée selon le schéma suivant:



Les paramètres calculés sur l'échantillon historique fournissent des estimations des paramètres inconnus de la population; Ces estimations varient d'un échantillon à un autre. Il est nécessaire de déterminer les limites entre lesquelles les paramètres cherchés ont une probabilité P d'être compris.
Dans ces conditions, on doit vérifier si la moyenne estimée (m) de la population a 95% d'être compris entre l'intervalle de confiance.

$$\bar{\mathbf{X}} \pm \mathbf{U}_{1-\alpha/2} \frac{\mathbf{S}}{\sqrt{\mathbf{n}}} \qquad \textbf{(4)}$$

Et l'écart type entre

$$\mathbf{S} \pm \mathbf{U}_{1-\alpha/2} \frac{\mathbf{S}}{\sqrt{\mathbf{2n}}} \qquad \textbf{(5)}$$

Où:

$\bar{\mathbf{x}}$, s : Sont respectivement la moyenne et l'écart de l'échantillon;

$\frac{\mathbf{S}}{\sqrt{\mathbf{n}}}$: Erreur type des paramètres calculés.

Modélisation mathématique de la méthode de bootstrap

Le bootstrap est une méthode de calcul intensif sur ordinateur mise au point par B. Effrant en 1984, elle repose sur le principe élémentaire suivant :
Pour obtenir de nouveaux échantillons à partir d'un seul échantillon, on commence par recopier un très grand nombre de fois (n1 fois) de chaque observation constituée l'échantillon de taille n. Après le mélange, on aura un nouvel échantillon de n1xn observations. On tire au hasard parmi ceux-ci des échantillons de n observations, on peut tirer le maximum d'échantillons, ces échantillons sont dits «simulées».

a- Fonction de répartition

Désignons par $F_n^*(x)$ la proportion des valeurs $x_1, x_2,..., x_n$ qui sont inférieurs à x.
$F_n^*(x)$ est donc une variable aléatoire pour tout x qui définit ainsi une fonction aléatoire appelée fonction de répartition empirique de l'échantillon, dont les réalisations sont des fonctions en escalier de sauts égaux à 1/n (*Figure 2*).

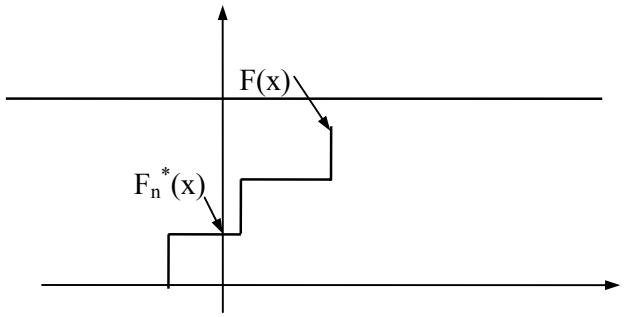


Figure 2 - Convergence des fonctions de répartition empirique et théorique

Si les x_i sont ordonnés par valeurs croissantes:

$$\mathbf{F_n^*(x) = 0} \qquad \textbf{si } \mathbf{x < x_1}$$

$$\mathbf{F_n^*(x) = \frac{i-1}{n} = \frac{i}{n+1}} \qquad \textbf{si } \mathbf{x_{i-1} \le x < x_i} \qquad \textbf{(6)}$$

$$\mathbf{F_n^*(x) = 1} \qquad \textbf{si } \mathbf{x \ge x_n}$$

b - Processus de modélisation

La modélisation mathématique de la méthode de bootstrap repose sur le principe élémentaire suivant (Saporta, 1990) :

Si n est grand, F_n^* est proche de F, on aura une bonne approximation de la loi T (T est une variable aléatoire); $T= f(x_1, x_2,..., x_n)$.
On est donc amené à tirer des échantillons des valeurs dans la loi F_n^*, ce qui revient à ré échantillonner dans l'échantillon x_1, x_2, ..., xn; autrement dit à effectuer des tirages avec remise de n valeurs observées. Ces valeurs sont donc répétées selon les réalisations d'un vecteur $k_1, k_2,..., k_n$ d'effectif n et de probabilités P_i égales à 1/n.
L'analyse sur des longues séries de précipitation permet de raffiner la détection de l'éventuelles période sèche de longue duré que nous nous pouvons pas observer sur les 10 valeurs historiques.
La comparaison entre les deux variantes est effectuée sur la base de :

- Moyenne interannuelle de la période (1954-2001);
- Moyenne interannuelle de la période (1987-2001).

La distribution des séries Canif suisse et bootstrap des séries historiques par rapport aux deux seuils a montré, que les deux régions (Oran et Alger) sont les plus sèches par rapport à Annaba. La longueur maximale des années sèches enregistrée à Oran est de trois ans, elles sont observées plusieurs fois contre une année plus ou moins humide.
A Alger, la longueur maximale des années consécutives sèches est de cinq ans pendant cette dernière décennie, et rarement où nous avons observé deux années consécutives humides. La région d'Annaba a été affectée par des années sèches de longueur moins de trois ans.
Pour les deux variables et pour les différentes seuils prise en considération, nous avons estimé que les régions du centre sont les plus endommagées par le phénomène de sécheresse (de longue durée).

Les séries «bootstrap historique» indiquent que le nombre d'années sèches à Oran est environ de cinq à six ans par rapport à la moyenne interannuelle de la période (1954-2001). Au centre, le nombre d'années consécutives sèches est aussi important qu'à Oran et surtout. Sauf qu'avec les deux derniers seuils, la période sèche est au plus de deux années. Dans la région d'Annaba, les périodes sèches sont moins importantes, où leurs longueurs maximales sont au plus de trois ans par rapport à la moyenne et au moins une année par rapport au deuxième seuil.
La région de Ghazouet est plus touchée que les autres régions de l'Ouest. Les résultats indiquent que la station d'Alger présente une importante dispersion par rapport à la moyenne interannuelle des valeurs historique (1954-2001).

Conditions pluviométriques pendant la période (1987-2001)

La comparaison des valeurs de la période sèche par rapport aux valeurs de la série simulée peut se faire par le calcul de l'écart pluviométrique entre la moyenne de cette période et la moyenne des données simulées, à l'échelle annuelle et mensuelle.

a- Données annuelles

Les résultats obtenus ont montré les stations d'Alger et de Chelef sont démarquées des autres. Leur déficit pluviométrique a atteint 26% dans cette décennie par rapport à la population déterminée par les modèles Canif suisse et bootstrap.
Les régions de l'Ouest sont moins touchées par rapport à celles du Centre, où son écart pluviométrique varie entre 15 % et 18%, par contre, le niveau pluviométrique à l'Est est faiblement affecté par la sécheresse météorologique pendant cette dernière décennie. Son écart pluviométrique est entre 1% et 5%.
La *Figure 3* indique la répartition des écarts pluviométriques à l'échelle annuelle.

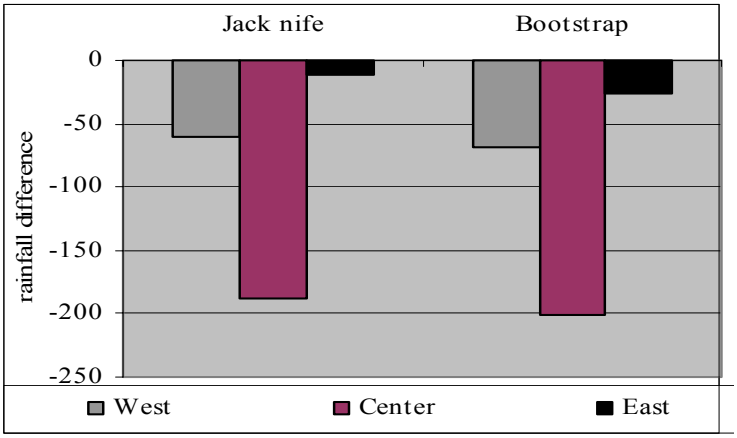
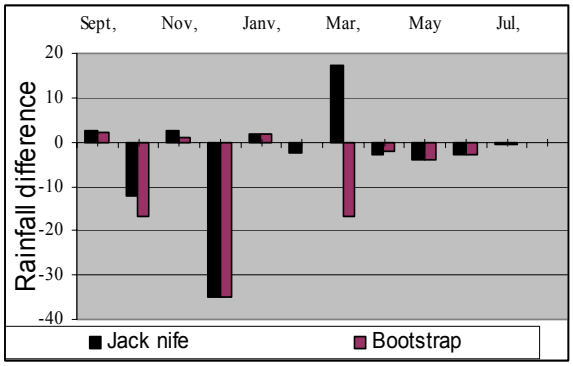


Figure 3- Variation des écarts pluviométriques à l'échelle annuelle entre la période 1987 - 2001 et les valeurs simulées.

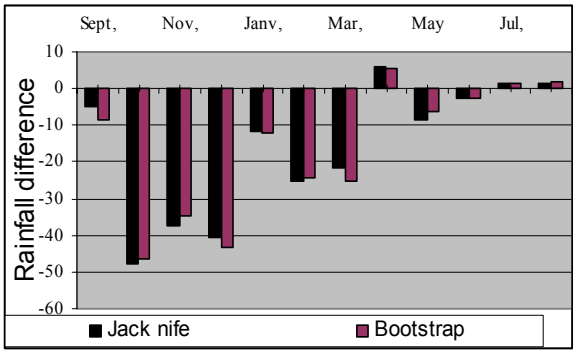
b - Données mensuelles

Nous avons observé que le mois de décembre est déficitaire pour les régions de l'Ouest. Aussi, les mois d'octobre et mars, où les écarts pluviométriques dans ce cas sont environ de 17 mm. Pour les autres mois, le niveau pluviométrique est resté stable (voir la *Figure 4-a*).

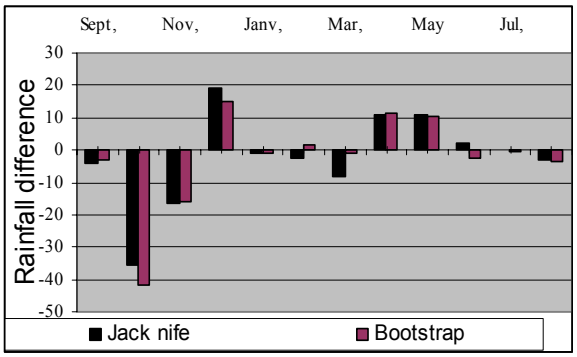
Les régions du centre sont les plus touchées d'après la *Figure 4-b*. L'écart pluviométrique entre les mois d'octobre et de mars a atteint environ 47 mm pour les deux modèles (canif suisse et bootstrap).
La sécheresse dans ce cas est annuelle, puisqu'elle commence au mois hydrologique septembre jusqu'au mois de juin.
Pour ce qui concerne les stations de l'Est, d'après le modèle de Canif suisse, la baisse du niveau pluviométrique est remarquée seulement au mois d'octobre (environ 36 mm). La *Figure 4-c* montre que le modèle bootstrap a un écart maximum de 42 mm au mois d'octobre.



a- Régions de l'Ouest



b- Régions du Centre



c- Régions de l'Est

Figure 4- Ecart pluviométrique entre les valeurs interannuelles de la période 1987 - 2001 **e**t les données simulés.

Résultat

L'Algérie a classé l'année 1988/89 une année sèche. Le déficit pluviométrique est bien remarqué à l'Ouest (notamment à Oran, Ghazaouet et Arzew). Les barrages de Beni-Bahdel et de Mafrouch se sont asséchés Durant le mois de juin 1988. Les régions du Centre et de l'Ouest ont vu un le déficit pluviométrique supérieur à 50% et à l'Est, il était de 30%, durant ces deux dernières décennies.

SITUATION DES RESSOURCES EN EAU EN ALGERIE

L'absence de pluies pendant la saison d'automne 2001 et en parité de la saison d'hiver 2002, a rendu la situation de l'approvisionnement en eau potable est particulièrement critique dans les régions Centre, et celle de l'Ouest, et moins ressenti à l'Est du pays.

Evaluation des ressources en eau superficielles

Les ressources en eau sont généralement faibles et surtout extrêmement irrégulière, leur exploitation devient de plus en plus difficile dans notre pays. Leurs répartition sur le territoire est inégale; et aussi elles sont exposées à des risques de pollution de plus en plus importants, qui compromettent l'utilisation des ces eaux dans de nombreuses régions du pays.

Sur l'ensemble de territoire national, il y a seulement 49 barrages en exploitation totalisant actuellement seulement une capacité de 4,48 milliards de m^3 pour l'alimentation en eau potable.
Il y a les trois barrages qui alimentent la capitale Alger en l'occurrence le barrage de Keddara, Hamiz et de Beni-Amrane, sont entrés dans ce qu'on appelle « la tranche morte » avec un volume stocké en fin janvier 2002 d'environ 8,8 millions de m^3, soit une baisse jamais atteinte depuis sa mise en service. La même situation s'est présentée pour les barrages de Hamiz avec un volume de 1,91 million de m^3 et celui de Beni-Amrane, qui est un barrage de transfert vers Keddara avec un volume de 1,18 millions de m^3. Les barrages du centre de pays s'avèrent plus touchés par la baisse sensible des eaux contrairement à l'Ouest.

Evaluation des ressources en eau souterraines

Les eaux souterraines sont généralement faible et localisées dans le Sahara, les lits d'oueds alimentent quelques nappes phréatiques souvent saumâtres: Ghir, M'zeb, Saoura, etc., sinon des nappes profonde, semi - fossiles ou fossiles comme Albien. Au nord, les précipitations sont irrégulière, mal distribuées géographiquement, elles croisent d'Ouest en Est et affectent successivement les monts de Tlemcen, le versant nord de l'Oursenis, le massif de la grande kabyle, la petite Kabylie, le nord constantinois et enfin le massif des Aurès. On note la présence des nappes phréatiques dans les rares plaines littorales et un nombre relativement élevé de points d'eau disséminés à travers territoire.
Selon une études effectuée sur les potentialité des ressources souterraine (Ghachi, 1986), l'exploitation intensive par les camps de captage groupés dans le nord sont localisées dans deux types d'aquifères principaux : la nappe de Chott Chergui et Tolga.
L'exploitation des ces ressources se fait par le creusement des sondages, des puits et des forages. Il y a environ 3976 forages répartis à l'échelle nationale.

Une étude de reconnaissance des forages demande de déterminer leurs natures, épaisseurs, et aussi leurs extensions à partir des connaissances géologiques et hydrodynamiques, y compris la vérification de la qualité des eaux. Mais, il existe des sondages aléatoires distingués par des « fonçage illicite » qui risque d'altérer gravement les ressources d'eau en mettant en péril dans l'avenir de la source d'alimentation en eau potable le cas de la nappe phréatique de Ghriss (Kabylie) qui a enregistré des rabattement non négligeable, où la source de Ain Fekan considérée comme trop-plein de cette nappe à la hauteur de 500 l/s en 1970 s'est complètement tarée.

Les solutions d'urgence pour préservation de ressource en eau

Les barrages en exploitation à travers le territoire national algérien souffrent d'une insuffisance caractérisée dans leur exploitation due particulièrement au manque de moyens matériel, financière.
La préservation de ces ouvrages requiert en urgence les opérations suivantes (Ait Mouhoub et Kettab, 2002):

- Travaux de protection (lutte contre l'envasement, traitement des bassins versant, correction torrentielles, construction de petites retenues par piéger la vase et lutter contre l'érosion et la pollution ;
- Maintenance des équipements hydromécaniques (réfection des équipements électriques, électromécaniques et hydromécaniques) ;
- Entretient et auscultation des ouvrages (travaux de confortent et réfection des réseaux d'auscultation) ;
- Formulation et perfectionnement du personnel chargé de l'exploitation.

Donc un ensemble de dispositifs pour renforcer l'alimentation en eau potable pour l'algérois permettra d'assurer un volume annuel de 595 millions de m^3/an. Pour l'Ouest, ce système peut assurer 155 millions de m^3/an et 242 millions de m^3/an pour le système Est.
Et ce qui concerne l'exploitation des eaux souterraines, un programme de réalisation de 42 forages pour la ville d'Alger seule est en cours d'exécution qui s'ajoutent aux 160 déjà existantes et produiront un volume d'eau de 90.000 m^3/jour, ce qui est l'équivalent du volume extrait actuellement du barrage de Keddara. Les mêmes mesures ont été prises pour les autres villes d'Algérie.

CONCLUSION

D'après les tests statistiques, nous pouvons affirmer que ces données de base sont de bonne qualité. Ce qui implique que les résultats d'analyse du phénomène sont représentatifs et proches de la réalité.
A l'échelle temporelle, deux périodes se font distinguer, la période humide qui s'étale de 1954 au 1986, et la période sèche qui correspond à la dernière décennie (1987-2001).
L'Ouest a connu une baisse dans les pluies, par contre les régions de l'Est sont moins affectées par ce changement pluviométrique pendant cette période (1987-2001).
Le régime pluviométrique au centre est plus proche de l'Est pendant la première période qu'avec la deuxième période.
L'utilisation de la simulation a permis d'illustrer clairement l'information chronologique des pluies. Nous pouvons dire qu'il y a vraiment ce problème de changement de la variabilité pluviométrique qui influe directement ou indirectement sur la mobilisation normalisée des ressources en eau spécialement lorsque les infrastructures d'exploitations sont insuffisantes.

Par conséquent, et pour y remédier aux problèmes de manque d'eau, on doit adapter la technologie des installations, sensibiliser l'opinion publique et démonter les moyens sur le plan local, national et internationale pour une meilleure gestion en fonction des conditions climatiques d'une région quelconque afin affronter aux problèmes de l'évaluation des ressources en eau.

REFERENCES

Ait Mouhoub, D., (1998) Contribution à l'étude de la sécheresse sur le littoral algérien par le biais de traitement des données pluviométriques et la simulation, Thèse de Magister, Ecole nationale polytechnique d'Alger.

Ait Mouhoub, D. and A. Kettab, (2002) L'eau objet de toutes les convoitises, *Colloque international sur l'eau,* Chelef, 05/06/février, Algérie.

Aivazian, S., F. Enukov and L. Mochalkine (1983) *Elément de modélisation et traitement primaire des données*. Mir Moscou.

Arlery, R., H. Grisollet and B. Guilmet (1973) *Climatologie, méthodes et principes,* Gauthier- Villars, Paris, Bruxelles, Montréal, 1973.

Diaconis, P. and B. Effron (1984), Méthodes de calculs statistiques intensifs sur ordinateurs, *L'intelligence artificielle*, bibliothèque pour la science. Diffusion Berlin.

Kettab, A (2001), Les ressources en eau en Algérie: stratégies, enjeux et vision Revue Desalination Copyright © 2001 Elsevier Science B.V. All rights reserved; Volume 136, Issues 1-3, Pages 25-33 (1 May 2001)

Saporta, G., (1990) Probabilités : Analyse des données statistiques*,* Technip, Paris